

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP04/51775



REC'D 20 OCT 2004	
WIPO	PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 38 486.3

**Anmeldetag:** 21. August 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
80333 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Herstellen einer elektrischen  
Kontaktierung eines piezoelektrischen Aktors  
und Polarisierung des piezoelektrischen  
Aktors

**IPC:** H 01 L, B 23 K, H 02 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. September 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
 Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
 COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Wallner

## Beschreibung

Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung eines piezoelektrischen Aktors und Polarisierung des piezoelektrischen Aktors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung eines piezoelektrischen Aktors und ein Verfahren zum Polarisieren des piezoelektrischen Aktors gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Piezoelektrische Aktoren bestehen üblicherweise aus gemeinsam gesinterten Stapeln von piezokeramischen Schichten mit dazwischenliegenden Metallelektroden. Jede zweite Metallelektrode ist an einer ersten Seite herausgeführt und mit einer ersten Metallisierungsbahn verbunden. An der gegenüberliegenden Seite ist eine zweite Metallisierungsbahn vorgesehen, die mit den anderen Metallelektroden elektrisch leitend verbunden ist. Somit sind zwei Metallelektrodenanordnungen vorgesehen, die voneinander elektrisch isoliert sind.

Beim Betrieb der piezoelektrischen Aktoren werden parallel zu einer Polarisationsrichtung der piezokeramischen Schichten große Kräfte, aber nur kleine relative Auslenkungen erreicht. Zur Erzielung geringer Betriebsspannungen besteht der piezoelektrische Aktor aus einer Vielzahl von piezokeramischen Schichten. Zur Polarisierung des Aktors wird an die zwei Elektrodenstrukturen ein elektrisches Polarisationsfeld angelegt, wodurch sich eine maximale remanente Polarisierung und eine geordnete Verteilung der in Feldrichtung in den Kristallen der keramischen Schichten ausgerichteten Domänen gegenüber einem unpolarisierten Ausgangszustand ergibt. Die Polarisierung wird bei einer Temperatur der piezokeramischen Schicht durchgeführt, die über der Curietemperatur der piezokeramischen Schicht liegt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung eines piezoelektrischen Aktors und ein Verfahren zur Polarisierung des piezoelektrischen Aktors bereit zu stellen, die schneller auszuführen ist.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 weist den Vorteil auf, dass die elektrische Kontaktierung des piezoelektrischen Aktors und die Polarisierung des piezoelektrischen Aktors in kürzerer Zeit durchgeführt werden können. Dieser Vorteil wird dadurch erreicht, dass die elektrische Kontaktierung und die Polarisierung wenigstens teilweise gleichzeitig durchgeführt werden. Vorzugsweise wird der Lötvorgang oberhalb der Curietemperatur durchgeführt und gleichzeitig wird die Polarisierung der piezokeramischen Schichten des Aktors durchgeführt.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Polarisierungsspannung auch während einer Abkühlphase bis unter die Curietemperatur angelegt und auf einen maximalen Wert begrenzt. Damit wird zum Einen erreicht, dass die Polarisierung sicher beibehalten wird und zum Anderen wird eine Beschädigung der piezokeramischen Schichten vermieden.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Polarisierungsspannung schon vor Erreichen einer maximalen Temperatur angelegt und der fließende Strom wird während des Erwärmens des Aktors auf einen maximalen Wert begrenzt. Damit wird schon vor Erreichen der maximalen Temperatur des piezoelektrischen Aktors eine Polarisierung erreicht und gleichzeitig wird durch die Begrenzung auf einen maximalen Stromwert eine Beschädigung der piezokeramischen

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung einen piezokeramischen Aktor 1, der ein piezokeramisches Bauelement 2 mit einer Vielzahl von piezokeramischen Schichten 3 (Figur 2) aufweist. Zwischen zwei Schichten 3 ist jeweils eine flächige Elektrode 4 (Figur 2) ausgebildet. Die Elektroden 4 sind über Drähte 5 mit einem ersten bzw. einem zweiten Kontaktstift 6, 7 elektrisch leitend verbunden. Jede zweite Elektrode 4 ist über einen Draht 5 mit dem ersten Kontaktstift 6 elektrisch leitend verbunden. Die anderen Elektroden 4 sind über Drähte 5 mit dem zweiten Kontaktstift 7 elektrisch leitend verbunden. Auf diese Weise ist eine Schichtstruktur ausgebildet, wobei jede piezokeramische Schicht 3 von zwei Elektroden 4 begrenzt wird, die elektrisch leitend mit verschiedenen Kontaktstiften 6, 7 verbunden sind. Durch das Anlegen von verschiedenen Spannungspotentialen an den ersten und den zweiten Kontaktstift 6, 7 werden alle piezokeramischen Schichten 3 mit der gleichen Spannung beaufschlagt, so dass sich die Schichten 3 entsprechend der angelegten Spannung ausdehnen.

Figur 2 zeigt einen Teilquerschnitt von einem Randbereich des piezokeramischen Bauteils 2. Auf dem piezokeramischen Bauteil 2 ist eine erste Metallisierungsbahn 8 aufgebracht. Die erste Metallisierungsbahn 8 ist elektrisch leitend mit jeder zweiten Elektrode 4 verbunden. Gegenüberliegend zur ersten Metallisierungsbahn 8 ist auf der anderen Seite des Bauteils 2 eine zweite Metallisierungsbahn 9 angeordnet, die mit den anderen Elektroden 4 elektrisch leitend verbunden ist. Die Metallisierungsbahn 8 ist über eine Lotschicht 13 mit den Drähten 5 elektrisch leitend verbunden. Die Drähte 5 der ersten Metallisierungsbahn 8 sind an den ersten Kontaktstift 6 geführt.

In entsprechender Weise ist die zweite Metallisierungsbahn 9 über Drähte 5 elektrisch leitend mit dem zweiten Kontaktstift 7 verbunden.

Leitung 10, 11 Heizelemente 15 verwendet, die neben dem Andrücken der ersten und der zweiten Leitungen 10, 11 zugleich auch das Bauteil 2 wenigstens teilweise erhitzen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Lot 13 in Form einer Lotfolie 16 zwischen den Metallisierungsbahnen 8, 9 und den ersten und den zweiten Leitungen 10, 11 eingelegt.

Gleichzeitig zum Lötvorgang wird eine Polarisierungsspannung über die Spannungsquelle 12 an die Leitungen 10, 11 angelegt und dadurch die Polarisierung der piezoelektrischen Schichten 3 bewirkt. Bei der Polarisierung werden Feldstärken von 1 bis 2 kV/mm verwendet. Die verwendeten Stromwerte liegen bei einigen A/cm<sup>2</sup>. Vorzugsweise wird die Polarisierung schon vor Erreichen einer Maximaltemperatur des Bauteils 2 angelegt. Zudem wird vorzugsweise die Polarisierungsspannung beibehalten, wenn sich das Bauteil 2 von der maximalen Temperatur bis unter die Curietemperatur abkühlt. Damit die Stromstärke beim Erhitzen des Bauteils 2 nicht über einen Maximalstrom steigt, wird die Stromstärke von der Spannungsquelle 12 auf einen Maximalwert begrenzt. Gleichzeitig wird die anliegende Spannung beim Abkühlen des Bauteils 2 von der Spannungsquelle 12 auf einen Maximalwert begrenzt, damit keine Beschädigung der piezokeramischen Schichten 3 erfolgt.

Die Leitungen 10, 11 sind oder werden an die ersten bzw. zweiten Kontaktstifte 6, 7 angelötet. Nach dem Löt- und Polarisierungsvorgang werden die Leitungen 10, 11 aufgetrennt, so dass einzelne Aktoren 1 gemäß Figur 1 erhalten werden.

Figur 4 zeigt in einem Diagramm den zeitlichen Verlauf der Polarisierungsspannung U und des Polarisierungsstromes I. Zudem sind in dem Diagramm ist die Temperatur T<sub>0</sub> an der Oberfläche der Metallisierungsbahn 8, 9 und die Temperatur T<sub>K</sub> der piezokeramischen Schichten 3 angegeben. In das Diagramm ist die Curietemperatur für die piezoelektrischen Schichten 3 und die Löttemperatur für das verwendete Lötmaterial eingetragen.

gleichladungsimpuls verglichen. Überschreitet oder unterschreitet der gemessene Ladungsimpuls den Vergleichsladungsimpuls um einen festgelegten Wert, so wird ein Defekt des piezoelektrischen Aktors erkannt. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind Vergleichskurven für die Polarisationsspannung während des Polarisations- und Lötvorganges in einem Steuergerät 17 abgelegt. Das Steuergerät 17 vergleicht die während des Löt- und Polarisationsvorganges anliegende Spannungskurve und/oder die anliegende Stromkurve mit der abgelegten Spannungskurve bzw. der abgelegten Stromkurve. Aus dem Vergleich kann eine Aussage über die Qualität der Polarisierung und/oder über die Qualität des piezoelektrischen Aktors 1 getroffen werden. Weichen die gemessene Spannungskurve oder die gemessene Stromkurve um mehr als einen festgelegten Wert von der abgelegten Spannung- bzw. Stromkurve ab, so wird ein defekter Aktor 1 erkannt. Wird der Aktor 1 als defekt erkannt, so wird der Aktor 1 aussortiert und nicht weiter verarbeitet.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung während der Polarisierung erfasst und ausgewertet wird, um die Polarisierung und/oder den Aktor (1) zu bewerten.

5

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der während der Polarisierung fließende Strom erfasst und ausgewertet wird, um die Polarisierung und/oder den Aktor zu bewerten.

10

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitungen (10, 11) über Heizblöcke (15) auf Lötflächen der Kontakte (8, 9) gedrückt werden, und dass die Heizblöcke (15) den Aktor (1) wenigstens teilweise erwärmen.

15

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Aktoren (1) gleichzeitig mit Leitungen (10, 11) verlötet und polarisiert werden.

20

9. Verfahren nach Anspruch 8, dass die Leitungen (10, 11) eines Kontaktes (8, 9) einstückig für mehrere Aktoren (1) beim Verlöten und Polarisieren verwendet werden, und dass nach dem Verlöten und dem Polarisieren die Leitungen (10, 11) für jeden Aktor (1) in einzelne Leitungsstücke aufgetrennt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitungen (10, 11) vor dem Verlöten und Polarisieren an Kontaktstifte (6, 7) angeschlossen sind.

30

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (1) während des Lötvorganges über die Curietemperatur der piezokeramischen Schicht (3) erwärmt wird.

35

FIG 1

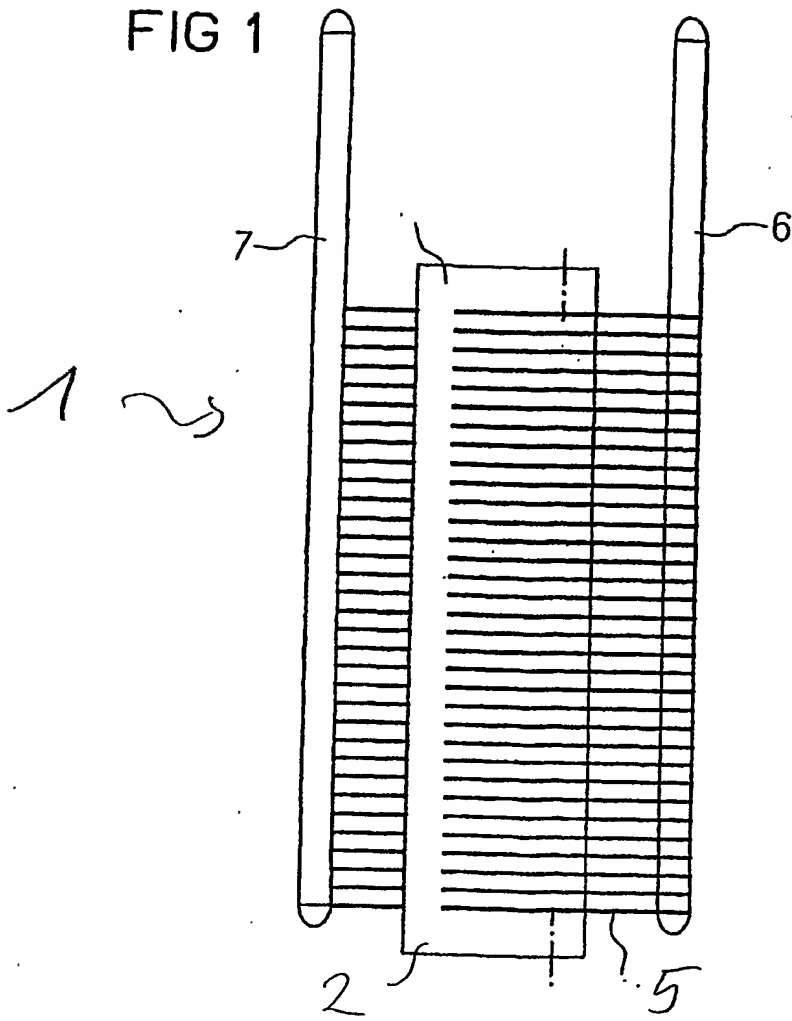


FIG 2

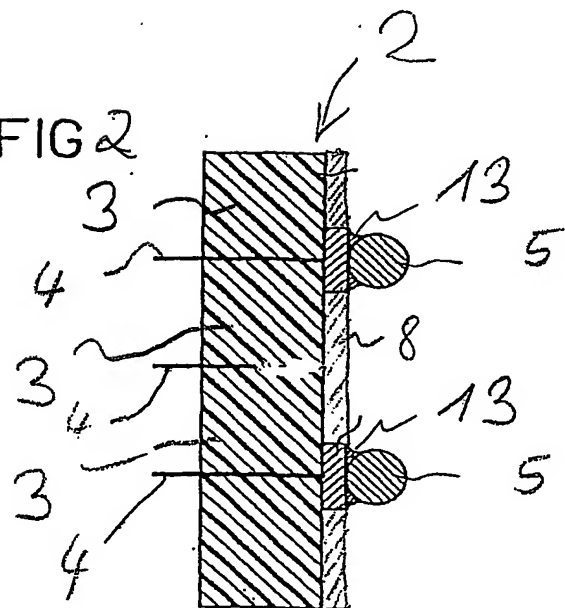




Fig. 4

